

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USFTL**

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 25 SEP 2000

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

EP 00/07149

**Aktenzeichen:**

199 35 350.6

**Anmeldetag:**

29. Juli 1999

**Anmelder/Inhaber:**ABB Daimler-Benz Transportation (Technology)  
GmbH, Berlin/DE**Bezeichnung:**Verfahren zur Energie- und Zeitoptimierung der  
Fahrweise bei einem Fahrzeug/Zug**IPC:**

B 61 L 27/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 15. Juni 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Brand

ad99517de1

29. Juli 1999

kru/mal

f:\ib4\sp\adtanm\mal00009.rtf

ABB Daimler-Benz Transportation  
(Technology) GmbH

Saatwinkler Damm 43

D-13627 Berlin

---

Verfahren zur Energie- und Zeitoptimierung der Fahrweise bei einem  
Fahrzeug/Zug

---

## Verfahren zur Energie- und Zeitoptimierung der Fahrweise bei einem Fahrzeug/Zug

### Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Energieoptimierung der Fahrweise bei einem Fahrzeug/Zug mit in mehrere Abschnitte unterteilter Gesamtstrecke gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der Erstellung von Fahrplänen für den Schienenverkehr werden Zeitreserven für unvorhergesehene Ereignisse und widrige Betriebsbedingungen eingeplant. Da während realer Fahrten die Betriebsbedingungen typischerweise günstiger sind als in der Planung angenommen, werden die dabei entstehenden Zeitreserven für andere Zwecke verfügbar. Eine besonders sinnvolle Benutzung der Zeitreserven besteht in der Einsparung von Energie mittels geeigneter Fahrweise des Fahrzeuges/Zuges.

Aus der DE 30 26 652 A1, der DD 255 132 A1 und der EP 0 467 377 B1 sind in diesem Zusammenhang Verfahren bekannt, wie man ein Fahrzeug energieoptimal zwischen zwei Haltepunkten bewegt. Bei langen Strecken wird eine Unterteilung in mehrere Abschnitte vorgeschlagen, wobei in jedem Abschnitt eine optimale Teillösung ermittelt wird und die Gesamtlösung sich aus der Zusammensetzung der Teillösungen ergibt. ~~Die vorgeschlagenen Verfahren zur Energieoptimierung betrachten jeweils die Gesamtstrecke zwischen zwei Haltepunkten. Es erfolgt jedoch keine Verwaltung von Zeitreserven.~~

Die Unsicherheit im Betriebsablauf, wegen der Zeitreserven im Fahrplan vorgesehen werden, ist im Start-Haltepunkt (Startbahnhof) am höchsten und nimmt mit zunehmender Annäherung an den Ziel-Haltepunkt (Zielbahnhof) ständig ab. Die Berücksichtigung der Abnahme der Unsicherheit erfolgt traditionell in Streckenfahrplänen in Form von Durchfahrtszeiten für ausgewählte Streckenpunkte. Dabei wird die Zeitreserve gleichmäßig auf die Gesamtstrecke verteilt.

Die DE 30 26 652 A1 und die EP 0 467 377 B1 beschäftigen sich mit einer Systemstruktur, in der Verfahren zur Energieminimierung realisiert werden können, wobei eine Gesamtstrecke zwischen zwei Haltepunkten (Haltebahnhöfen) berücksichtigt wird. Dies kann bei langen Strecken dazu führen, daß Echtzeitvorgaben für die Lösung durch das Verfahren in nachteiliger Weise nicht eingehalten werden.

Die bisher bekannten Verfahren zur Energieoptimierung berücksichtigen nur unzureichend die Forderung nach Robustheit des Betriebsablaufs, die mit Zeitreserven im Fahrplan erhöht werden soll.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Energieoptimierung der Fahrweise bei einem Fahrzeug/Zug mit in mehrere Abschnitte unterteilter Gesamtstrecke anzugeben.

Diese Aufgabe wird in Verbindung mit dem Oberbegriff durch die im den Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß durch die Einbeziehung einer flexiblen Verwaltung von Zeitreserven unter Zuhilfenahme eines Optimierungsalgorithmus die Robustheit des Betriebsablaufs erhöht wird.

Gleichzeitig ist die realisierte Fahrweise energieoptimal. Mit „Robustheit“ ist gemeint, daß auch bei langen Gesamtstrecken und unvorhergesehenen Ereignissen ein rechtzeitiges Eintreffen des Fahrzeuges/Zuges am Ziel-Haltepunkt mit hoher

---

Wahrscheinlichkeit gewährleistet ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Weitere Vorteile des vorgeschlagenen Verfahrens ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand des in der einzigen Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die Figur zeigt das Weg/Zeit-Diagramm eines Fahrzeuges, wobei die gesamte Fahrstrecke in mehrere einzelne Abschnitte eingeteilt ist und  $i$  den Laufindex für die einzelnen Abschnitte darstellt. Mit  $n$  ist die zweckmäßige Anzahl der Abschnitte für eine Vorausberechnung bezeichnet. Die jeweils spätesten Durchfahrtzeiten sind mit Dreiecken gekennzeichnet. Ferner ist beispielhaft ein Zeitfenster angegeben. Durch das Zeitfenster wird bestimmt, zu welcher frühesten und spätesten Durchfahrtzeit ein bestimmter Abschnitt vom Fahrzeug zu passieren ist.

Erfindungsgemäß erfolgt eine flexible Einbeziehung von Zeitreserven in die Energieoptimierung. Zeitreserven werden vorgesehen, um auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren zu können und um damit die Robustheit des Verkehrsablaufs zu erhöhen. Typischerweise wird ein Zeitzuschlag von beispielsweise 5 % gewährt. Dieser Zeitzuschlag wird beispielsweise gleichmäßig auf die Gesamtstrecke verteilt, womit Durchfahrtzeiten an beliebigen Streckenpunkten ermittelt werden können. Erfindungsgemäß erfolgt die Einbeziehung der Zeitreserven derart flexibel, daß die in einem Streckenabschnitt nicht verbrauchte Zeitreserve anteilmäßig den nachfolgenden Streckenabschnitten zugeschlagen wird und derart, daß die den einzelnen Streckenabschnitten zustehenden Zeitreserven unterschiedlich bewertet werden.

Erfindungsgemäß werden zwei mögliche Vorgehensweisen zur flexiblen Einbeziehung von Zeitreserven in die Optimierung vorgesehen:

---

Gemäß einer ersten möglichen Vorgehensweise wird der Verbrauch von Zeitreserve in einem Streckenabschnitt als „Strafterm“ in der Optimierung berücksichtigt. Als „Strafterm“ kommt insbesondere eine monoton fallende Funktion der Zeit in Betracht. Auf diese Weise wird der Verbrauch von Zeitreserve um so weniger „bestraft“, je weiter er in der Zukunft, d. h. näher am Ziel-Haltepunkt erfolgt.

Gemäß einer zweiten möglichen Vorgehensweise werden die Durchfahrtzeiten im Optimierungsproblem als Randbedingungen in der Art aufgenommen, daß einerseits die geforderte Robustheit gewährleistet ist, daß aber andererseits die zur Energieeinsparung optimale Lösung möglichst wenig beeinträchtigt wird. Um der

geforderten Robustheit zu genügen, ist es ausreichend, wenn späteste Durchfahrtszeiten gefordert werden. Diese spätesten Durchfahrtszeiten sind in der Figur als Dreiecke eingetragen, wie bereits erwähnt.

Weitere Zeitbeschränkungen können sich beispielsweise aus der gleichzeitigen Benutzung einer Strecke bzw. eines Streckenabschnitts durch mehrere Fahrzeuge ergeben. Eine übergeordnete Betriebsleitzentrale kann deshalb kurzfristige Vorgaben für Durchfahrtszeiten in Form von Zeitfenstern an das Fahrzeug stellen. Ein derartiges Zeitfenster ist in der Figur beispielhaft eingetragen, wie bereits erwähnt.

Erfindungsgemäß wird vorgesehen, kurzfristige Vorgaben mit langfristig bekannten Planungen zu kombinieren und als Randbedingungen in die Energieoptimierung mittels eines Optimierungsalgorithmus aufzunehmen. Sich hieraus ergebende Zeitfenster werden in die Optimierung als eine früheste und eine späteste Durchfahrtszeit einbezogen.

Für das vorgeschlagene Verfahren geeignete Optimierungsalgorithmen sind beispielsweise aus Papageorgiou: Optimierung, Kapitel 10, 19 und insbes. 20, Oldenbourg Verlag, 1996, bekannt.

---



### Patentansprüche

1. Verfahren zur Energieoptimierung bei einem Fahrzeug/Zug bei der Benutzung von Zeitreserven, welche bei einem Fahrplan eingeplant sind, wobei eine zwischen einem Start-Haltepunkt und einem Ziel-Haltepunkt zu durchfahrende Gesamtstrecke in mehrere Abschnitte unterteilt und jedem Abschnitt eine gewisse Zeitreserve zuerkannt wird, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer energiesparenden Fahrweise unter Zuhilfenahme eines Optimierungsalgorithmus eine übergeordnete Verwaltung der einzelnen Zeitreserven erfolgt und die einzelnen Zeitreserven flexibel in die Optimierung einbezogen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbrauch von Zeitreserve in den einzelnen Abschnitten als „Strafterm“ in der Optimierung berücksichtigt wird, so daß der Verbrauch von Zeitreserve um so mehr „bestraft“ wird, je näher er am Start-Haltepunkt erfolgt und um so weniger „bestraft“ wird, je näher er am Ziel-Haltepunkt erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils späteste Durchfahrtszeiten hinsichtlich der einzelnen Abschnitte als Randbedingungen in die Optimierung aufgenommen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2 und/oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß Durchfahrtszeiten in Form von Zeitfenstern unter Vorgabe einer frühesten und spätesten Durchfahrtszeit vorgegeben werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich während der Fahrt ergebende kurzfristige Vorgaben mit langfristig bekannten Planungen kombiniert und als Randbedingungen in die Optimierung aufgenommen werden.

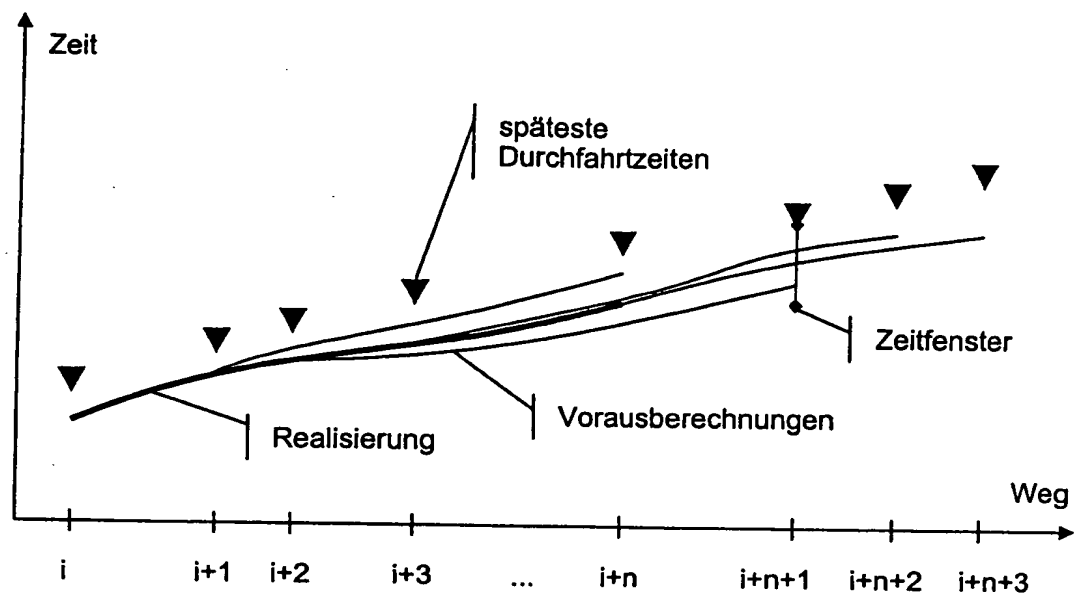
Verfahren zur Energie- und Zeitoptimierung der Fahrweise bei einem  
Fahrzeug/Zug

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Energieoptimierung bei einem Fahrzeug/Zug bei der Benutzung von Zeitreserven vorgeschlagen, welche bei einem Fahrplan eingeplant sind, wobei eine zwischen einem Start-Haltepunkt und einem Ziel-Haltepunkt zu durchfahrende Gesamtstrecke in mehrere Abschnitte unterteilt und jedem Abschnitt eine gewisse Zeitreserve zuerkannt wird. Zur Erzielung einer energiesparenden Fahrweise unter Zuhilfenahme eines Optimierungsalgorithmus erfolgt eine übergeordnete Verwaltung der einzelnen Zeitreserven derart, daß die einzelnen Zeitreserven flexibel in die Optimierung einbezogen werden.

Signifikante Fig.: Einzige Fig.

---



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**